

ÜBER DIE PRIMÄRPRODUKTION DES OBEREN DONAUABSCHNITTES IN UNGARN

(*Danubialia Hungarica* XCVI.)

Von

ZS. T. DVIHALLY

Ungarische Donauforschungsstation, Göd

Eingegangen: 11. April 1980

Einleitung

Im Laufe des Jahres 1978 wurde auf dem tschechoslowakisch-ungarischen Abschnitt der Donau mit dem Bau des Wasserkraftwerkes von Gabčíkovo-Nagymaros begonnen. Mit der Inbetriebsetzung dieses Kraftwerkes wird sich an einer langen Strecke der Donau der Habitus des Stromes und die umliegende Gegend verändern. Auf dem gegenwärtigen Donauabschnitt bildet der mit Paralellwerken zusammengedrückte Hauptstrom und das regulierte, mit Querdämmen zum Teil abgetrennte Nebenarmsystem ein sich in dynamischer Einheit befindendes Biotopsystem (Tóry, 1952). Mit der Errichtung des Kraftwerkes werden vier, voneinander grundlegend unterschiedliche und besser isolierte Biotope entstehen: die Wasserspeicher, der Kanal des Betriebswassers, das aufgelassene Bett des Hauptstromes und das vom Hauptstrom sich völlig trennende Nebenarmsystem. In den vier verschiedenen Biotopen werden sich von dem gegenwärtigen völlig abweichende hydrologische und biologische Verhältnisse ausgestalten.

Die Messung der Sauerstoffproduktion und des Sauerstoffproduktion-Potentials

In unserer Arbeit haben wir im Hauptstrom der heute noch einheitlichen ungarischen oberen Donau und in einem Teil der mit ihm im Zusammenhang stehenden Nebenarme das gegenwärtige biologische Gleichgewicht studiert, vor allem in der Relation des Sauerstoffhaushaltes und erwägt, in welchem Maße des Nebenarmsystem zur Ausgestaltung des biologischen Gleichgewichts des Hauptstromes beitragen wird.

Die produzierenden, speichernden und reinigenden Funktionen der Nebenarme können nicht voneinander getrennt werden, jedoch tritt infolge der Ansprüche der Praxis im allgemeinen die reinigende Funktion in den Vordergrund. An der Donaustrecke nach Rajka werden täglich mehrere

Hundert Tonnen dem BSB_1 entsprechende organische Stoffe abgebaut und es haben mehrere darauf hingewiesen (Frau T e v a n 1978 a, 1978 b, T o m a j k a 1979), daß in diesem Abbau bzw. in der Sicherung des Abbaues auch dem Nebenarmsystem entlang der Donau eine Rolle zufällt.

Die Tatsache, daß in der ungarischen oberen Donau auf ein jedes Km des Hauptstromes am ungarischen Ufer durchschnittlich eine Nebenarmlänge von 5 Km fällt und in diesen Nebenarmen mit ihrem langsam strömenden Wasser infolge der günstigeren ökologischen Verhältnisse die Sauerstoffproduktion des Phytoplanktons (= biologische Lüftung) sowie der Abbau der aus dem Hauptstrom mitgebrachten organischen bzw. verunreinigenden Stoffe in gesteigerterem Maße vor sich gehen kann, ermöglicht, daß unter der Rückmündung der Nebenarme im Wasser des Hauptstromes sich gewöhnlich eine qualitative Verbesserung zeigt, vor allem in der Relation der einzelnen Indexe des O_2 -Haushaltes (der gelöste O_2 -Gehalt und der Sättigungsprozentsatz wächst an, der BSB_1 -Wert nimmt ab). Die Zerströmung und das Ausleben (= Selbstreinigung) des mit dem Stromwasser angelangenden organischen Schwemmstoffes war in den Nebenarmen eigentlich ein bisher fast überhaupt nicht registrierter natürlicher Prozess, dessen Ausmaße noch nicht erwägt wurden und mit dessen Verlust nach dem Aufbau des Kraftwerkes zu rechnen ist.

Während des Sommers 1979 haben wir zwischen April und November bei Rajka (Stromkm 1848) den *Hauptstrom* und demnach das Armsystem der Doborgaz-Insel (Stromkm 1848–1838), der Cikola-Insel (Stromkm 1838–1832) und mehrere Punkte der in der Nähe von Dunaremete (Stromkm 1836) vorhandenen kleineren Arme insgesamt an 10 Stellen, die Nebenarme in drei Tiefen untersucht.

In den Nebenarmen konnten in der Sommerzeit infolge der Veränderung der Strömungsverhältnisse im Vergleich zum Hauptstrom eine bedeutende Zunahme der Wassertemperatur, die Abnahme der Menge der Schwebfracht, das Anwachsen der Lichtdurchlässigkeit des Wassers, die beträchtliche Zunahme des Chlorophyllgehaltes und des in Trockengewicht ausgedrückten Wertes der Algenmenge (M ü l l e r, 1977) sowie die Änderung der Indexe des Sauerstoffgehaltes vollständig verfolgt werden.

Die Meßergebnisse

Während im betreffenden Zeitraum die *Menge des gelösten O_2* im Hauptstrom im Durchschnitt um 9 mg/l war, mit einer 67–127%iger Sättigung (überwiegend unter dem Sättigungswert), betrug in den untersuchten Nebenarmen die Menge des gelösten O_2 durchschnittlich 12,0 mg/l, das Wasser ist fast stets übersättigt, in den langsam fließenden Nebenarmen mit einem Sättigungswert bis 191%, in den fast stehenden Nebengewässern lagen die Sättigungswerte in mehreren Fällen sogar über 250%. Bei der Mehrheit der Untersuchungen war das Wasser der Nebenarme nicht nur in den Schichten der Oberfläche, sondern auch in der mittleren Tiefe und sogar nahe des Grundes übersättigt. Diese Tatsache weist in der

ganzen Tiefe der Wassermenge auf die intensive Tätigkeit des Phytoplanktons.

In den Nebengewässern schwankte im Laufe des Tages die Menge des gelösten O_2 zwischen viel breiteren Grenzen, als im Hauptstrom. Der gelöste O_2 -Gehalt des Wassers des Hauptstromes stammt nämlich aus der Atmosphäre, während er in den Nebenarmen vor allem von biogenem Ursprung ist und als solches von der tageszeitlich schwankenden Produktionstätigkeit des Phytoplanktons abhängt.

In der Vegetationszeit des Jahres 1979 war bei Rajka die vom *Phytoplankton produzierte Sauerstoffmenge* in der Wassermenge des Hauptstromes an der Oberfläche in der Untersuchungszeit täglich durchschnittlich $1,75 \text{ g } O_2/\text{m}^3$. Dies stimmt mit den von Ertl (1973) zwischen 1966–73 bei Stromkm 1820 gemessenen $0,65–2,3 \text{ g } O_2/\text{m}^3$ Tageswerten sowie mit den ebenfalls von Ertl (1979) im Sommer der Jahre 1976–77–78 registrierten und auf die Flächeneinheit umgerechneten $4,0–5,3 \text{ g } O_2/\text{m}^2$ Tageswerten überein. Gleichzeitig beträgt die auf biogenem Wege entstandene O_2 -Menge im Arm Doborgaz-Insel $2,4 \text{ g } O_2/\text{m}^3$, an den verschiedenen Stellen des Armsystems der Cikola-Insel durchschnittlich $2,7 \text{ g } O_2/\text{m}^3$ und in den Gewässern um Dunaremete täglich betreffs der ganzen Tiefe des Wassers $4,8 \text{ g } O_2/\text{m}^3$.

Die Produktionswerte nahmen von März bis Juni zu, Ende Juni und im Juli wurden sie infolge einer abziehenden Hochflutwelle geringer, sodann zwischen August und Oktober wieder höher. Im Hauptstrom kann etwa bis 1 m Tiefe eine beträchtliche Produktion gemessen werden. In der Mehrheit der Fälle war jedoch im Wasser der Nebenarme auch bis zu 1,5–2 m Tiefe, in einzelnen Fällen sogar (insbesondere im August) auch noch in der Nähe des Grundes eine O_2 -Produktion zu verzeichnen, in mehreren Fällen konnten wir in 1,5–2 m Wassertiefe größere Produktionswerte messen, als an der Oberfläche des Wassers. Unsere im Lichtthermostat inkubierten Wasserproben haben bewiesen, daß die Produktion gewöhnlich nicht unter optimalen Zuständen vor sich gegangen ist, also unter noch günstigeren ökologischen Umständen die O_2 -Produktion im Hauptstrom und in den Nebenarmen der Donau 2–3mal höher gewesen hätte können als die gemessenen Produktionswerte.

Die Intensität der *Verbrauchsprozesse* (des Sauerstoff beanspruchenden Abbaues der verunreinigenden oder sonstigen organischen Stoffe, der Atmung der Algen und der tierischen Organismen) ist im Hauptstrom oft größer als das Maß der O_2 -Produktion des Biogens (der sich auf einen Tag beziehende Durchschnittswert des Verbrauches beträgt in der untersuchten Zeitspanne $2,3 \text{ g } O_2/\text{m}^3$ im Vergleich zu dem durchschnittlichen $1,75 \text{ g } O_2/\text{m}^3$ Tageswert der Produktion). Im Wasser der Oberfläche der Nebenarme war jedoch der Verbrauch in jedem Falle geringer als die Produktion: in Wasser der Armsysteme der Doborgaz- und Cikola-Insel durchschnittlich $1,9 \text{ g } O_2/\text{m}^3$, in den Armen bei Dunaremete $2,3 \text{ g } O_2/\text{m}^3$ pro Tag. Eine andere Lage entstand in den tieferen Wasserschichten. Über die Tiefe von etwa 2 m – insbesondere in der Nähe des Grundes – sind die Verbrauchswerte nämlich oft sogar 2–3 mal höher als die Produk-

tion. Unter optimalen Umständen kann jedoch die Potentialproduktion hinsichtlich der ganzen Wassertiefe auch das Doppelte der größtmöglichen Werte des Verbrauches sein.

Das Verhältnis der Produktion zum Verbrauch war fallweise veränderlich: zwischen Juni und September waren die täglichen Produktionswerte im Hauptstrom in mehreren Fällen, in den Nebenarmen hingegen stets größer als der Tagesverbrauch, vor Juni und nach September übertreffen die Verbrauchsprozesse die Produktion, im November hört hingegen im Hauptstrom die Produktion auf, im Gegensatz zu den Nebenarmen, wo diese noch im Gange war, jedoch nur mehr an der Oberfläche und in jedem Falle geringer als der Verbrauch.

In Bezug auf die Untersuchungsperiode deckt im untersuchten Querprofil des Hauptstromes den Sauerstoffanspruch der Verbrauchsprozesse (etwa 350 Tonnen O_2 /Tag) etwa um 10% im Hauptstrom die auf biologischen Wege entstehende O_2 -Menge, jedoch ist die größere Sauerstoffdeckung der Verbrauchsprozesse potentiell gegeben. Im Wasser der Nebenarme (mit Ausnahme der grundnahen Schichten) wird jedoch die volle Sauerstoffdeckung der Verbrauchsprozesse tatsächlich auch von der auf biogenem Wege entstandenen O_2 -Menge gedeckt, es bleibt sogar eine überschüssige, nicht verbrauchte O_2 -Menge zurück. Unter noch günstigeren ökologischen Umständen hätte das Nebenarmsystem auch das Doppelte des tatsächlichen O_2 -Bedarfes in Gleichgewicht halten können.

Aufgrund der im Jahre 1962 durchgeführten technischen Vermessung schätzen wir die *tägliche O_2 -Bruttoproduktion* unter Berücksichtigung des Bettvolumens (C s o m a, 1968) im Ganzen des Armsystems der Doborgaz-Insel auf 16 Tonnen und der Cikola-Insel auf 15 Tonnen. Diese Werte stimmen mit der jährlichen O_2 -Produktion von $8,8 \cdot 10^3$ Tonnen des am linken Ufer der Donau befindlichen Armes von Batschiansk überein (K r k a, 1979). Die Verbrauchsprozesse in Betracht genommen und abgezogen, beträgt die tägliche Nettoproduktion, also der effektive O_2 -Gewinn im Arm der Doborgaz-Insel 9,5 Tonnen, im Arm der Cikola-Insel 14,4 Tonnen.

Schlußfolgerungen

Unserer Schätzung nach entstehen im Profil des Hauptstromes bei Rajka in einem Jahresdurchschnitt täglich 36 Tonnen O_2 auf biogenem Wege und ziehen ab. In der Untersuchungsperiode haben die Nebenarme zumindest 20% der Wassermenge des Hauptstromes kontinuierlich abgeführt und mit dem auf biologischem Wege entstandenen Sauerstoff angereichert. So erreicht unter der Einmündung der beiden untersuchten Arme im Hauptstrom die vom Phytoplankton produzierte O_2 -Menge die Tageswerte von 64 Tonnen. (Diese Menge beträgt etwa 20% des ganzen Sauerstoffbedarfes der im Hauptstrom vor sich gehenden Verbrauchsprozesse). Und da im Wasser der Nebenarme die sauerstoffverbrauchenden Prozesse im gegebenen Zeitraum von geringerem Maße sind, als im Wasser des Hauptstromes, ist das aus den Nebenarmen in den Hauptstrom gelan-

gende Wasser nicht nur angereicherter infolge seines biogenen O_2 -Gehaltes, sondern auch betreffs seiner sich abbauenden organischen Stoffe auch auf das Leben des Hauptstromes von sehr günstiger Wirkung.

Es sei jedoch bemerkt, daß die untersuchten Nebenarme sowohl in ihrer Oberfläche, als auch in ihrem Volumen höchstens ein Fünftel der Nebenarme der oberen Donau der ungarischen Seite ausmacht. Nehmen wir also in Betracht, daß etwa das Fünffache des oben Gesagten die O_2 -Produktion der Nebenarme ist, so werten wir reell die Rolle, die die Nebenarme auf dem Abschnitt zwischen Bratislava und Komárom im Stoffumsatz der Donau spielen. In einzelnen Fällen kann der O_2 -Ertrag der Nebenarme wahrscheinlich auch in viel stärkerem Maße als die oben angegebenen geschätzten Werte den Sauerstoffbedarf der Abbauprozesse des Hauptstromes decken. Diese Tatsache bedeutet in den Selbstreinigungsprozessen auf diesem Abschnitt einen hohen Sicherheitsgrad.

SCHRIFTTUM

- Csoma, J. 1968. A Felső-dunai mellékágrendszer mederváltozása (Die Bettänderung der Nebenarmsysteme der oberen Donau). *Földrajzi Értesítő* XVII. 3. 309–324.
- Ertl, M. 1973. Organizmusok társulásai a csehszlovák Duna-szakaszon és néhány adat a folyó primer termeléséről (Vergesellschaftung von Organismen im tschechoslowakischen Donauabschnitt und einige Daten über die Primärproduktion des Flusses.) Bericht über die Sitzung des Gemischten Komitees des Internationalen Abkommens für das Fischereiwesen der Donau, 1973. Manuskript.
- Ertl, M. 1979. A Duna elsődleges produktójának összehasonlítása a mellette levő dunai mellékágakakal a vegetációs időszakban 1976/77 és 1977/78. (Vergleich der Primärproduktion der Donau mit den anliegenden Nebenarmen in der Vegetationsperiode von 1976/77 und 1977/78.) Bericht über die Sitzung des Gemischten Komitees des Internationalen Abkommens für das Fischereiwesen der Donau, 1973. Manuskript.
- Krka, A. 1979. Beszámoló a halászat eredményeiről 1978. (Bericht über die Fischfangergebnisse.) Bericht über die Sitzung des Gemischten Komitees des Internationalen Abkommens für das Fischereiwesen der Donau, 1979. Manuskript.
- Müller, D. 1977. Welchen Anteil hat das Phytoplankton am Schwebstoffgehalt von Oberflächengewässern? *Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen*. 21. 1. 1–5.
- Tevanné, B. É. 1978. A Duna Rajka – Nagymaros közötti szakaszának biológiai vízminősége (Die biologische Wassergüte der Donau im Abschnitt zwischen Rajka – Nagymaros.) *Hidrol. Közl.* 7. 311–317.
- Tevanné, B. É. 1978. A szigetközi mellékágak szerepe a Duna eutrofizálódásában (Die Rolle der Nebenarme der Kleinen Schütt in der Eutrophisierung der Donau.) (*Környezetvédelem és Vízgazdálkodás*. 8–16.
- Tomajka, J. 1979. A csehszlovákiai Duna-szakasz középső részének, valamint a Bacsianszki mellékág vízének hidrokémiai vízminőségi mutatói az 1976–1977 évben. (Die hydrochemischen Wasserqualitätsindizes des mittleren Abschnittes der tschechoslowakischen Donau sowie des Wassers des Nebenarmes von Batschiansk im Jahre 1976–1977.) Bericht über die Sitzung des Gemischten Komitees des Internationalen Abkommens für das Fischereiwesen der Donau, 1979. Manuskript.
- Tray, K. 1952. A Duna és szabályozása (Die Donau und ihre Regulierung.) *Akadémiai Kiadó, Budapest*. 454 p.